



STAND DER TECHNIK

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Design- und Herstellungsverfahren für eine mikromechanische Vorrichtung, insbesondere für einen mikromechanischen Schwingsspiegel.

Obwohl prinzipiell auf beliebige mikromechanische Vorrichtungen anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in bezug auf einen mikromechanischen Schwingsspiegel erläutert.

Mikromechanische Schwingsspiegel finden beispielsweise Anwendung als Schaltelemente in der optischen Nachrichtenübertragungstechnik oder als Scan-Element zur Ablenkung eines Laserstrahls zur Balkencodeerkennung, zur Raumüberwachung oder als Markierungsinstrument.

Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Problematik besteht darin, daß die bisher bekannten mikromechanischen Schwingsspiegel schwierig herzustellen und kurzlebig sind. Insbesondere gibt es Temperaturprobleme und Probleme aufgrund von mechanischen Spannungen bei den verwendeten Materialien, wie z. B. Polysilizium. Durch die Verwendung spannungsarmer Galvanikschichten sind insbesondere Spiegelflächen ohne Verwölbung herstellbar.

VORTEILE DER ERFINDUNG

Das erfindungsgemäße Design- und Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist gegenüber bekannten Lösungsansätzen den Vorteil auf, daß die resultierende mikromechanische Vorrichtung spannungs- und temperaturkompensiert ist, so daß sowohl Freiheit in der Materialauswahl als auch der Wahl der Betriebstemperatur, welche typischerweise im Bereich -40°C bis $+130^{\circ}\text{C}$ liegt, besteht.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, daß die nach "additiver Technik" galvanisch auf dem unmaskierten Bereich der Haftschrift abgeschiedene mikromechanische Vorrichtung nach Entfernen der Opferschrift in dem Verankerungsbereich unterstützt und um mindestens eine Achse verkippbar ist bzw. Torsionsschwingungen ausführen kann. Die Vorteile der additiven Technik lassen sich bei den vorgeschlagenen Designs voll ausschöpfen.

Die additive Technik ermöglicht eine Verringerung der Baugröße der bisherigen mikromechanischen Lösungen und damit verbunden eine Reduzierung des Preises und die Erschließung neuer Einsatzmöglichkeiten. Das erfindungsgemäße Design- und Herstellungsverfahren schafft somit kostengünstige, zuverlässige und langlebige mikromechanische Vorrichtungen. Insbesondere erlaubt die additive Technik die Realisierung frei beweglicher Metallstrukturen auf einem beliebigen Substrat, wie z. B. einem Siliziumsubstrat, einem Glassubstrat oder einem Keramiksubstrat.

Die additive Technik erlaubt zudem, große unperforierte Flächen freizulegen, so daß massive Spiegel flächen mit Abmessungen bis zu einigen Millimetern hergestellt werden können. Als Einlagen-Galvanik ist die Technik kostengünstig und gut beherrschbar. Eine Mehrfachgalvanik ist ebenfalls durchführbar, um etwa die Verankerungsbereiche und die Spiegelfläche oder die Aufhängungen getrennt herzustellen. Durch entsprechend dicke Opferschichten lassen sich große Kippwinkel erreichen.

In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in Anspruch 1 angegebenen Design- und Herstellungsverfahrens, und zwar insbesondere für bewegliche Spiegelemente in Verbindung mit

den entsprechenden Spiegeldesigns.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird als Verankerungsbereich ein metallisches Anschlußpad, vorzugsweise von einer in dem Substrat integrierten Schaltung, bereitgestellt. Es ist sowohl eine Herstellung als diskrete Vorrichtung als auch eine Herstellung in mit einer Betriebschaltung integrierten Form möglich. Bei der Integration der mikromechanischen Vorrichtung auf einer integrierten Schaltung kann vorteilhafterweise die Metallisierung der integrierten Schaltung zur Verankerung verwendet werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird als Opferschicht eine erste Fotolackschicht mit einer Dicke von einigen Mikrometern gebildet. Der Fotolack ist in einem isotropen Ätzprozeß leicht entfernbar. Bei Verwendung einer polymeren Opferschicht ist der Abstand des Spiegelementes zum Substrat sehr genau einstellbar wobei Abstände von einigen Mikrometern bis zu ungefähr $150\text{ }\mu\text{m}$ realisierbar sind.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die erste Fotolackschicht zum Freilassen des Verankerungsbereichs fotolithographisch strukturiert.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Haftschrift aufgesputtert.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die Haftschrift eine einige Nanometer dicke leitfähige Schicht aus Cu-Cr. Das Chrom dient als Haftschrift zum darunterliegenden Fotolack, das Kupfer als Startschicht für die nachfolgende galvanische Abscheidung. Andere Haftschriften, wie z. B. Cr-Au usw., sind selbstverständlich auch möglich.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Maske auf der Haftschrift durch folgende Schritte gebildet: Bilden einer zweiten Fotolackschicht auf der Haftschrift; Bilden einer Siliziumdioxidschicht auf der zweiten Fotolackschicht; fotolithographisches Strukturieren einer dritten Fotolackschicht und Plasmaätzen der Siliziumdioxidschicht zur Ausbildung einer Hartmaske für die zweite Fotolackschicht und Ätzen der durch die strukturierte Siliziumdioxidschicht maskierten zweiten Fotolackschicht bis zur Haftschrift. Dabei dient die zweite Fotolackschicht als polymere Negativform für die galvanische Abscheidung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird als Galvanikschicht eine Nickelschicht oder eine Nickel-Cobaltschicht abgeschieden. Derartige Schichten lassen sich spannungsfrei, glatt und mit gutem Reflexionsvermögen herstellen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die Opferschicht in Form der ersten Fotolackschicht, die durch die zweite Fotolackschicht gebildete Polymerform und die Haftschrift nach Abscheiden der Galvanikschicht entfernt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die mikromechanische Vorrichtung ein Schwingsspiegel, der derart gestaltet ist, daß er mindestens um eine Achse Torsionsschwingungen ausführen kann. Der Schwingsspiegel kann als einfacher Kippsspiegel sowie bei Verwendung einer dickeren Opferschicht in Resonanz als Scan-Spiegel betrieben werden. Die Schwingsspiegel können derart gestaltet sein, daß sie in einer, zwei oder beliebig vielen Richtungen verkippbar sind.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird auf dem Substrat unter der Spiegelfläche eine Gegenelektrode vorgesehen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist der Schwingsspiegel derart gestaltet, daß er um vier oder mehr Achsen Torsionsschwingungen ausführen kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist der Schwingsspiegel derart gestaltet, daß er an einem umlaufenden Rahmen aufgehängt ist, der in dem Verankerungsbe-

reich verankert ist. So ist ein ununterbrochener bzw. unausgesparter Spiegelbereich realisierbar.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist der Schwingspiegel derart gestaltet, daß der Verankerungsbereich in einer Aussparung der Spiegelfläche vorgesehen ist.

ZEICHNUNGEN

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a-g eine Darstellung der Prozessschritte einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahrens für eine mikromechanische Vorrichtung im Querschnitt;

Fig. 2 ein erstes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht;

Fig. 3 ein zweites Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht;

Fig. 4 ein drittes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht;

Fig. 5 ein viertes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht;

Fig. 6 ein fünftes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht; und

Fig. 7 ein sechstes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Querschnittsansicht.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Elemente.

Fig. 1a-g zeigen eine Darstellung der Prozessschritte einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahrens für eine mikromechanische Vorrichtung im Querschnitt.

In **Fig. 1** bezeichnet **10** ein Substrat mit einer fertigprozesstierten Betriebsschaltung, welches eine Passivierungsschicht **15** mit darin eingebetteten geöffneten Anschlußpads **20** aufweist. **25** bezeichnet eine Opferschicht in Form einer ersten Fotolackschicht, **30** eine Haftschrift in Form einer aufgesputterten Galvanik-Startschicht (Plating Base), **40** eine zweite Fotolackschicht, **50** eine Siliziumdioxidschicht, **60** eine dritte Fotolackschicht und **35** eine Galvanikschicht in Form einer Nickelgalvanik.

Ausgangspunkt zur Herstellung der mikromechanischen Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die fertigprozesstierte Betriebsschaltung mit der Passivierungsschicht **15** und dem geöffneten Anschlußpad **20**.

Wie in **Fig. 1a** illustriert, wird in einem ersten Schritt eine erste Fotolackschicht als Opferschicht **25** aufgebracht und derart strukturiert, daß das Anschlußpad **20** freiliegt. Dieses Anschlußpad **20** dient als Verankerungsbereich für die herzustellende mikromechanische Vorrichtung. Zweckmäßi-

gerweise kann die erste Fotolackschicht **25** sowohl zur Öffnung des Anschlußpads **20** als auch als Opferschicht dienen, falls die Öffnung des Anschlußpads **20** in der Passivierungsschicht **15** zunächst erfolgen muß.

Wie in **Fig. 1b** gezeigt, wird in einem nächsten Schritt die Haftschrift **30** in Form einer Galvanik-Startschicht (Plating Base) aufgesputtert. Beim vorliegenden Beispiel handelt es sich um eine leitfähige Schicht aus Chrom-Kupfer. Das Chrom sorgt dabei für die Haftung zur darunterliegenden ersten Fotolackschicht **25**, das Kupfer dient als Startschicht für den nachfolgenden Schritt der galvanischen Abscheidung.

Wie in **Fig. 1c** dargestellt, wird auf die Haftschrift **30** eine ca. 15 µm dicke zweite Fotolackschicht **40** aufgeschleudert und bei Temperaturen von typischerweise 200°C ausgehärtet.

Mittels dem Plasma-CVD-Verfahren (CVD = chemische Dampphasenabscheidung) wird auf der zweiten Fotolackschicht **40** eine etwa 600 nm dicke Siliziumdioxidschicht **50** abgeschieden. Die Siliziumdioxidschicht **50** dient im folgenden als Hartmaske zur Strukturierung der darunterliegenden zweiten Fotolackschicht **40** und wird zu diesem Zweck mittels eines fotolitographischen Prozesses unter Verwendung einer dritten Fotolackschicht **60** und durch anschließendes Plasmaätzen strukturiert, wie in **Fig. 1d** gezeigt.

Nach Überätzen der Siliziumdioxidschicht **50** erfolgt ein Trenchätzen der zweiten Fotolackschicht **40** durch einen anisotropen Plasmaätzprozeß. Die daraus resultierende Struktur ist in **Fig. 1e** gezeigt.

In die so entstandene, durch die zweite Fotolackschicht **40** gebildete Polymer-Negativform wird eine mehrere Mikrometer dicke Nickelgalvanik abgeschieden. Daraus ergibt sich die in **Fig. 1f** und **1g** gezeigte Kammstruktur. Dazu sei bemerkt, daß die einzelnen Bereiche der zweiten Galvanikschicht **35** an in dieser Querschnittsdarstellung nicht sichtbaren Bereichen zusammenhängen.

Anschließend werden die Siliziumdioxidschicht **50** durch naßchemisches Ätzen und die Polymer-Negativform in Form der strukturierten zweiten Fotolackschicht **40** durch trockenchemisches Ätzen entfernt.

Es folgt ein selektives naßchemisches Ätzen der Haftschrift **30** sowie ein Ätzen der Opferschicht in Form der ersten Fotolackschicht **25** in einem Plasma, woraus sich die in **Fig. 1g** gezeigte Struktur ergibt.

Das Entfernen der Opferschicht **25** in Form der ersten Fotolackschicht ist ein isotroper Ätzprozeß, wobei der Fotolack unter den Nickelkämmen **35** vollständig entfernt wird.

Das Ergebnis ist eine kapazitive betreibbare mikromechanische Vorrichtung mit frei beweglichen Strukturen, wie **Fig. 1g** entnehmbar ist.

Fig. 2 ist ein erstes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht.

In **Fig. 2** bezeichnet **100** allgemein eine erste Spiegelform, **110** eine Spiegelfläche, **120** einen Verankerungsbereich, **130** eine Torsionsfederaufhängung und **140, 150** Gegenelektroden, welche unterhalb der Spiegelfläche **110** auf dem Substrat vorgesehen sind.

Insbesondere sind bei der ersten Spiegelform **100** die Verankerung und die Aufhängung im Innenbereich in der Spiegelfläche **110** vorgesehen. Die Spiegelfläche **110** ist zur Aufhängung an der Torsionsfederaufhängung **130** angebracht. Diese Aufhängung ist vollkommen spannungs- und temperaturkompensiert, was im Falle von Metallbauteilen auf Silizium usw. zweckmäßig ist. Anderenfalls kommt es nämlich zu Verbiegungen der Federstäbe oder Spiegelemente,

was in der Regel einen Funktionsausfall mit sich bringt. Über die Geometrie der Torsionsfederaufhängung 130 kann die Resonanzfrequenz des Schwingspiegels mit der Spiegel-
form 100 eingestellt werden, wenn ein Einsatz als Scanner
beabsichtigt ist.

Fig. 3 ist ein zweites Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht.

In Fig. 3 bezeichnet 200 eine zweite Spiegelform, 210 eine Spiegelfläche, 220 einen Verankerungsbereich, 230 eine Torsionsfederaufhängung und 240, 250, 260, 270 Gegenelektroden welche unterhalb der Spiegelfläche 210 auf dem Substrat vorgesehen sind.

Auch bei dieser zweiten Spiegelform 200 sind die Verankerung und die Aufhängung innen im Bereich der Spiegelfläche 210 vorgesehen, doch im Unterschied zum obigen ersten Beispiel ist hier aufgrund zweier weiterer Gegenelektroden eine Auslenkung um zwei, zueinander senkrecht stehender Achsen möglich. Hinsichtlich der zweiten Achse wirkt die Torsionsfederaufhängung 230 nicht als Torsionsstab, sondern als normale Biegefeder.

Fig. 4 ist ein drittes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht.

In Fig. 4 bezeichnet 300 eine dritte Spiegelform, 305 einen Rahmen, 310 eine Spiegelfläche, 320, 325, einen Verankerungsbereich, 330, 335 eine Torsionsfederaufhängung und 340, 350, 360, 370 Elektroden, welche unterhalb der Spiegelfläche 310 auf dem Substrat vorgesehen sind.

Im Unterschied zum ersten und zum zweiten Beispiel ist bei diesem dritten Beispiel die Torsionsfederaufhängung 330, 335 über zwei Torsionsfedern realisiert, welche die Spiegelfläche 310 mit dem Rahmen 305 verbinden. Der Rahmen 305 ist seinerseits über die Verankerungen 320, 325 mit dem Substrat verbunden. Auch diese Bauform ist zweckmäßigerweise in bezug auf die Torsionsfederaufhängung 330, 335 und die Spiegelfläche 310 spannungs- und temperaturkompensiert.

Fig. 5 ist ein viertes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht.

In Fig. 5 bezeichnet 400 eine vierte Spiegelform, 405 einen Rahmen, 410 eine Spiegelfläche, 425 einen Verankerungsbereich, 430, 435 eine Torsionsfederaufhängung und 440, 450, 460, 470 Gegenelektroden, welche unterhalb der Spiegelfläche 410 auf dem Substrat vorgesehen sind.

Im Unterschied zum dritten Beispiel nach Fig. 4 ist bei diesem vierten Beispiel die Länge der Torsionsfedern 435, 430 in die Spiegelfläche 410 hineinragend verlängert. Dies ermöglicht eine Anpassung der gewünschten Resonanzfrequenz bei einer Verwendung als Scanner.

Fig. 6 ist ein fünftes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, in Draufsicht.

In Fig. 6 bezeichnet 600 eine fünfte Spiegelform, 610 eine Spiegelfläche, 620 einen Verankerungsbereich, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637 eine Torsionsfederaufhängung, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647 Gegenelektroden, welche unterhalb der Spiegelfläche 610 auf dem Substrat vorgesehen sind.

Bei dem in Fig. 6 gezeigten Beispiel ist es möglich, die Spiegelfläche 610, um acht Achsen zu verkippen. Der Verankerungsbereich 620 ist kreisförmig und befindet sich in der Mitte der ebenfalls kreisförmigen konzentrischen Spie-

gelfläche 610. Vom Verankerungsbereich 620 gehen die Torsionsfedern 630-637 der Torsionsfederaufhängung zu der ringförmigen Spiegelfläche 610 aus. Mittels einer (nicht dargestellten) Ansteuerung der darunter befindlichen Gegenelektroden 640-647 wird die Richtung der Verkipfung vorgegeben. Bei Resonanzfrequenzen der Struktur im Bereich von 100 Hz bis zu einigen kHz ist es möglich, mit Hilfe dieser Spiegelform 600 Bilder mit einer Wiederholfrequenz im Bereich von 50-100 Hz zu projizieren. Dieses Beispiel ist selbstverständlich auf mehr als acht Achsen zur Verkipfung verallgemeinerbar.

Fig. 7 ist ein sechstes Beispiel eines mikromechanischen Schwingspiegels, der gemäß dem erfindungsgemäßen Design- und Herstellungsverfahren herstellbar ist, und zeigt den prinzipiellen Aufbau der zuvor beschriebenen Designs in Querschnittsansicht.

In Fig. 7 bezeichnet 700 eine sechste Spiegelform, 710 ein Substrat, 715 eine erste Isolierschicht, 720 eine zweite Isolierschicht, 730 eine Spiegelfläche, 740 eine Stütze, 745 eine Metallschicht, 750 ein Anschlußpad, 755 einen Verankerungsbereich, 760 eine Gegenelektrode und D eine Auslenkungsrichtung.

Im Gegensatz zur Ausführungsform nach Fig. 1a-g ist bei der sechsten Spiegelform 700 die Verankerung im Verankerungsbereich 755 der Metallschicht 745 realisiert, wobei die Metallschicht 745 eine zusätzlich auf dem Substrat 710 unter Zwischensetzen der ersten Isolierschicht 715 aufgebrachte Schicht ist. Die Verbindung des Schwingspiegels mit der (nicht gezeigten) Betriebsschaltung erfolgt durch Bonden über das Anschlußpad 750. Die Gegenelektrode 760 dient zur Auslenkung dieses Schwingspiegels gemäß der sechsten Spiegelform 700 in der Auslenkungsrichtung D.

Obwohl das erfindungsgemäße Design- und Herstellungsverfahren vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist es darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.

Insbesondere ist die Auswahl der Schichtmaterialien und die Dicke der aufgetragenen Schichten anwendungsspezifisch auswählbar.

Bezugszeichenliste

- 10 Substrat
- 15 Passivierungsschicht
- 20 Anschlußpad
- 25 Opferschicht, erste Fotolackschicht
- 30 Haftschrift
- 40 zweite Fotolackschicht
- 50 Siliziumdioxidschicht
- 60 dritte Fotolackschicht
- 35 Galvanikschicht
- 100 erste Spiegelform
- 110 Spiegelfläche
- 120 Verankerungsbereich
- 130 Torsionsfederaufhängung
- 140, 150 Gegenelektroden
- 200 zweite Spiegelform
- 210 Spiegelfläche
- 220 Verankerungsbereich
- 230 Torsionsfederaufhängung
- 240, 250, 260, 270 Gegenelektroden
- 300 dritte Spiegelform
- 305 Rahmen
- 310 Spiegelfläche
- 320, 325 Verankerungsbereich
- 330, 335 Torsionsfederaufhängung

340, 350, 360, 370 Gegenelektroden
 400 vierte Spiegelform
 405 Rahmen
 410 Spiegelfläche
 420, 425 Verankerungsbereich
 430, 435 Torsionsfederaufhängung
 440, 450, 460, 470 Gegenelektroden
 600 fünfte Spiegelform
 610 Spiegelfläche
 620 Verankerungsbereich
 630–637 Torsionsfederaufhängung
 640–647 Gegenelektroden
 700 sechste Spiegelform
 710 Substrat
 715 erste Isolierschicht
 720 zweite Isolierschicht
 730 Spiegelfläche
 740 Stütze
 745 Metallschicht
 750 Anschlußpad
 755 Verankerungsbereich
 760 Gegenelektrode
 D Auslenkungsrichtung

Patentansprüche

1. Design- und Herstellungsverfahren für eine mikro-mechanische Vorrichtung (100; 200; 300; 400; 600; 700) mit den Schritten:
 Bereitstellen eines Substrats (10; 710) mit einem Verankerungsbereich (20; 120; 220; 320, 325; 420, 425; 620; 755);
 Bilden einer Opferschicht (25) auf dem Substrat (10; 710) unter Freilassen des Verankerungsbereichs (20; 120; 220; 320, 325; 420, 425; 620; 755);
 Abscheiden einer Haftschrift (30) auf der Opferschicht (25) und dem Verankerungsbereich (20; 120; 220; 320, 325; 420, 425; 620; 755);
 Bilden einer Maske (40, 50) auf der Haftschrift (30);
 Abscheiden einer Galvanikschicht (35) auf dem unmaskierten Bereich der Haftschrift (30); und
 Entfernen der Maske (40, 50) und der Opferschicht (25).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Verankerungsbereich (20; 120; 220; 320, 325; 420, 425; 620; 755) ein metallisches Anschlußpad (20), vorzugsweise von einer in dem Substrat (10) integrierten Schaltung, bereitgestellt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Opferschicht (25) eine erste Fotolackschicht (25) mit einer Dicke von einigen Mikrometern gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Fotolackschicht (25) zum Freilassen des Verankerungsbereichs (20; 120; 220; 320, 325; 420, 425; 620; 755) fotolithographisch strukturiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Haftschrift (30) aufgesputtert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Haftschrift (30) eine einige 100 nm dicke leitfähige Schicht aus Cu-Cr oder Au-Cr ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (40, 50) auf der Haftschrift (30) durch folgende Schritte gebildet wird:
 Bilden einer zweiten Fotolackschicht (40) auf der Haftschrift (30);

- Bilden einer Siliziumdioxidschicht (50) auf der zweiten Fotolackschicht (40);
 fotolithographisches Strukturieren einer dritten Fotolackschicht (60) und Plasmaätzen der Siliziumdioxidschicht (50) zur Ausbildung einer Hartmaske für die zweite Fotolackschicht (40); und
 Ätzen der durch die strukturierte Siliziumdioxidschicht (50) maskierten zweiten Fotolackschicht (40) bis zur Haftschrift (30).
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Galvanikschicht (35) eine Nickelschicht oder eine Nickel-Cobaltschicht abgeschieden wird.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Fotolackschicht (25, 40) und die Haftschrift (30) nach Abscheiden der Galvanikschicht (35) entfernt werden.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die mikromechanische Vorrichtung (100; 200; 300; 400; 600; 700) ein Schwingenspiegel ist, der derart gestaltet ist, daß er mindestens um eine Achse Torsionsschwingungen ausführen kann.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (710) unter der Spiegelfläche (730) eine Gegenelektrode (760) vorgesehen wird.
 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingenspiegel derart gestaltet ist, daß er um vier oder mehr Achsen Torsionsschwingungen ausführen kann.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingenspiegel derart gestaltet ist, daß er an einem umlaufenden Rahmen (305, 405) aufgehängt ist, der in dem Verankerungsbereich (320, 325; 420, 425) verankert ist.
 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingenspiegel derart gestaltet ist, daß der Verankerungsbereich (120; 220) in einer Aussparung der Spiegelfläche (110; 210) vorgesehen ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 6

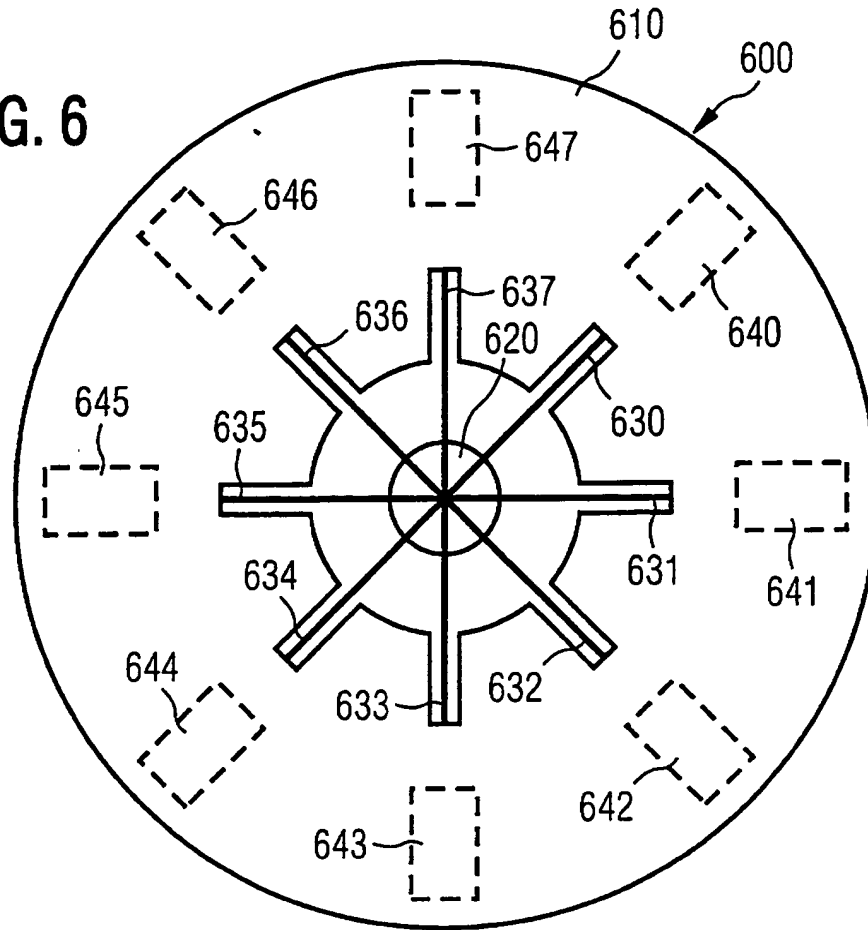


FIG. 7

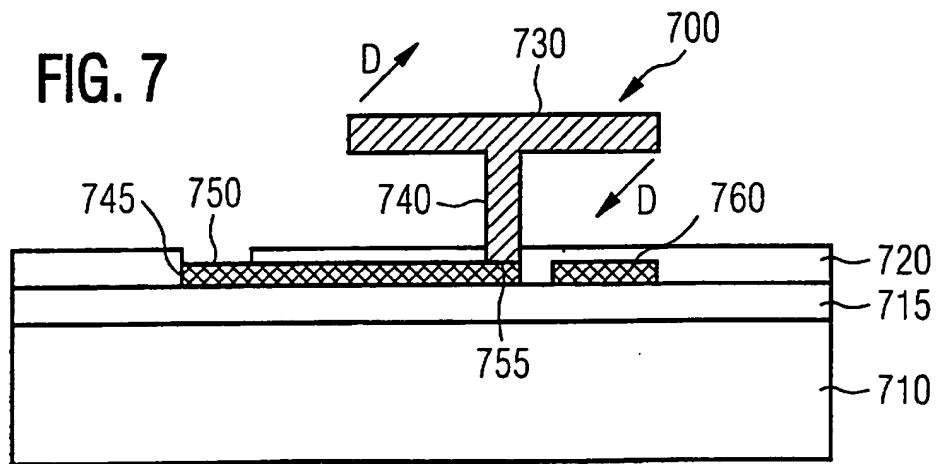


FIG. 1a

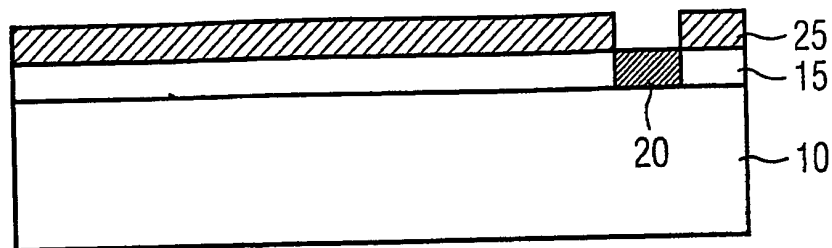


FIG. 1b

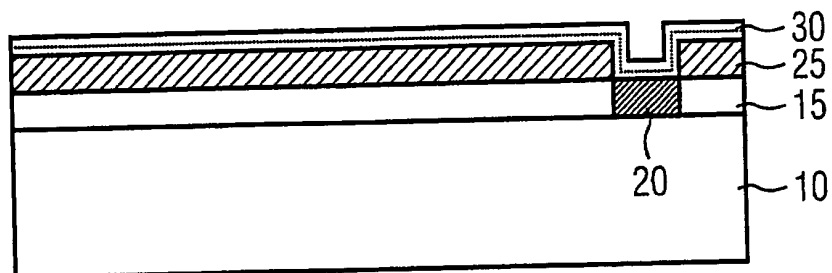


FIG. 1c

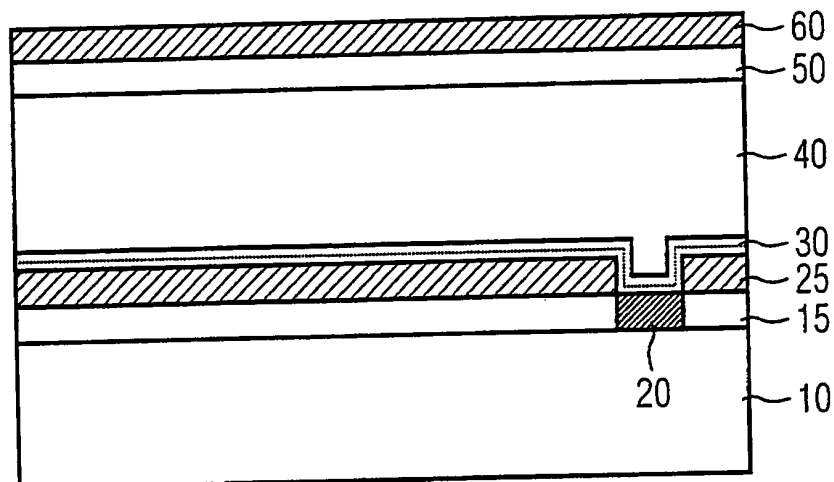


FIG. 1d

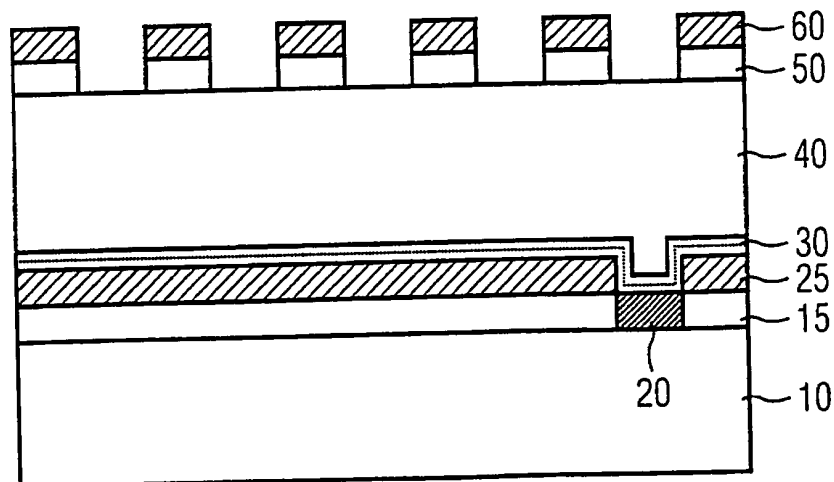


FIG. 1e

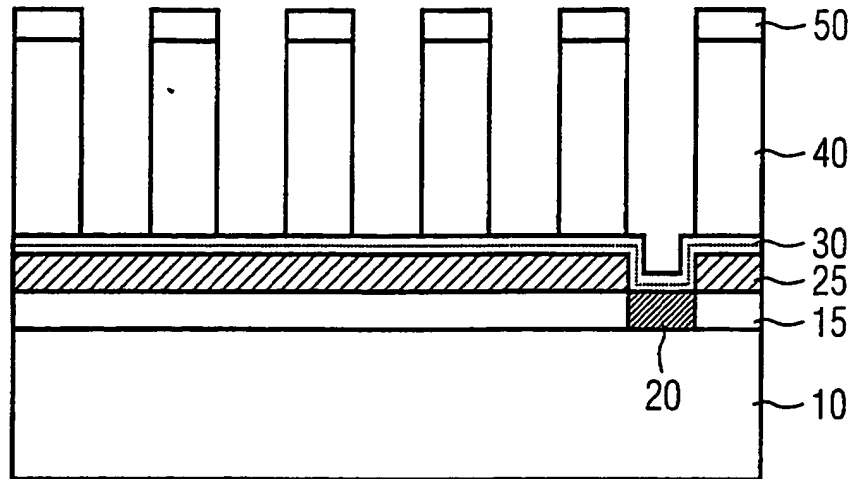


FIG. 1f

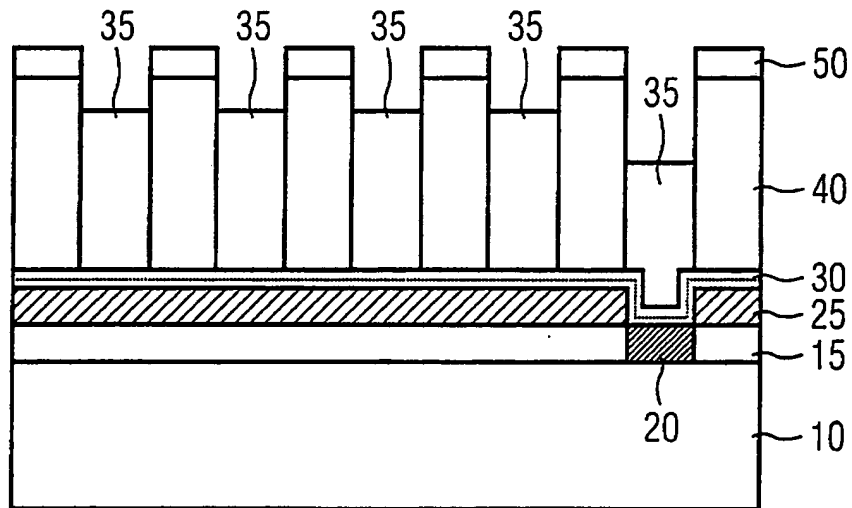


FIG. 1g

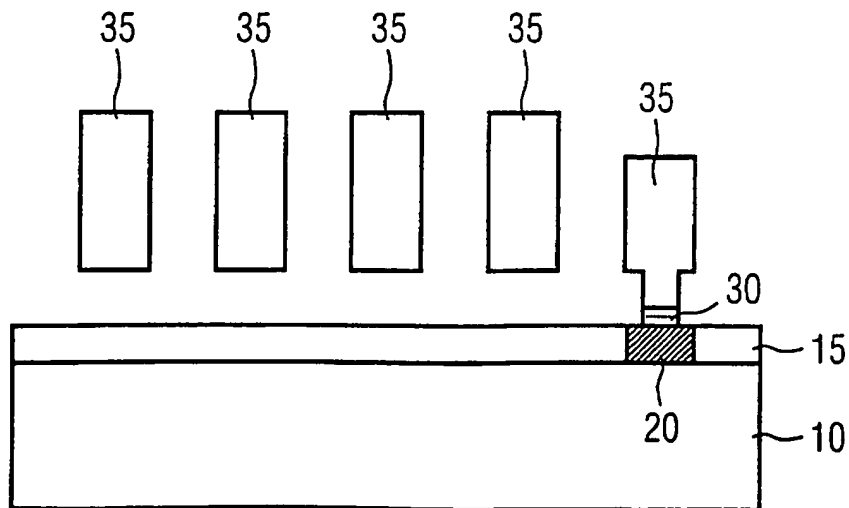


FIG. 2

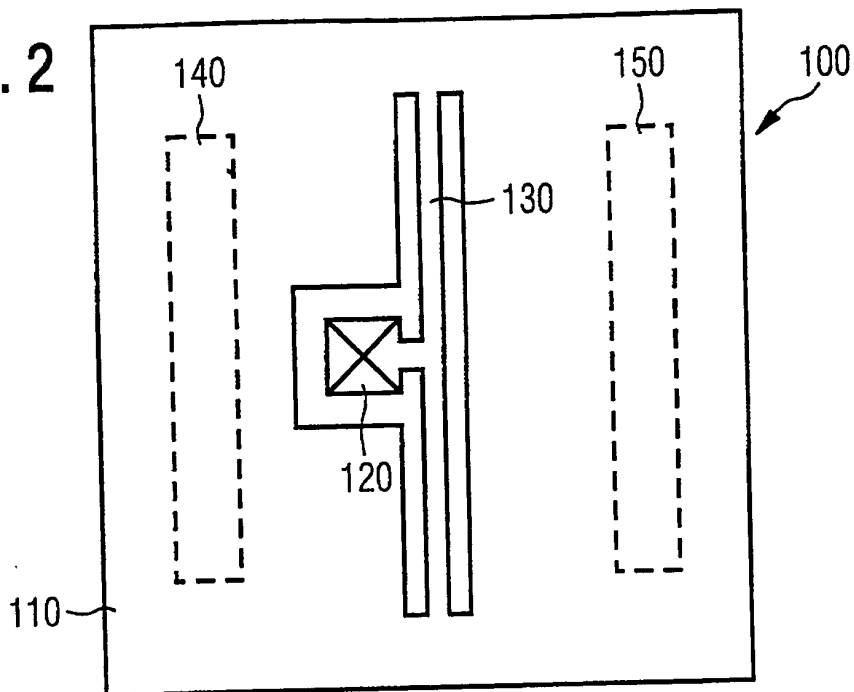


FIG. 3

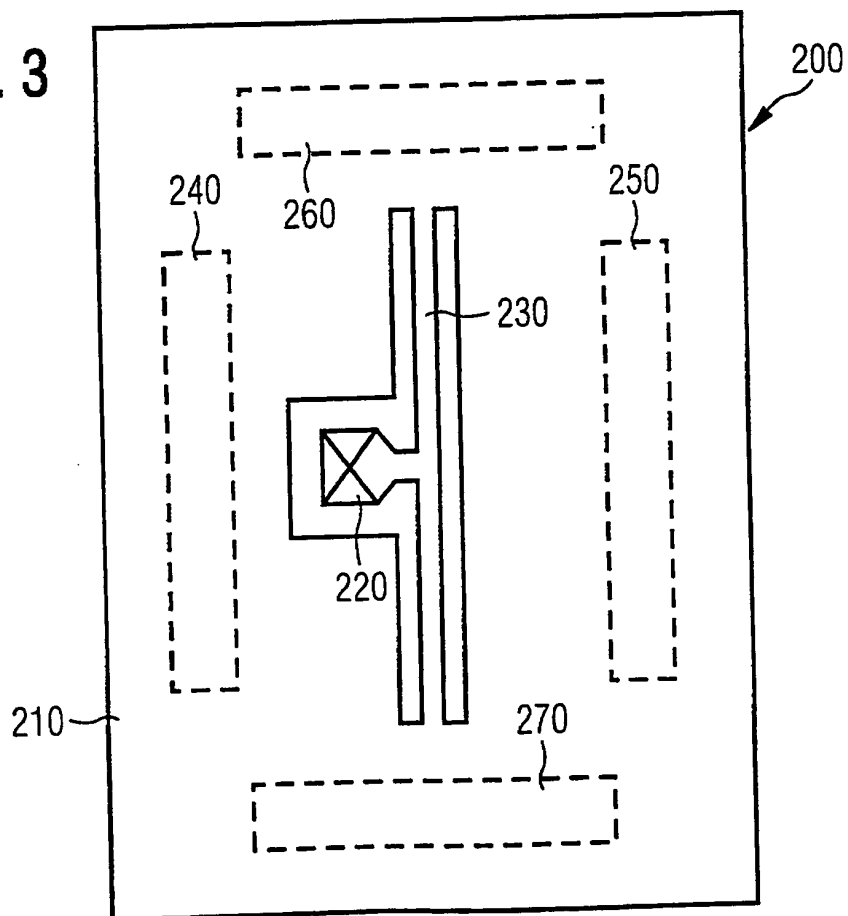


FIG. 4

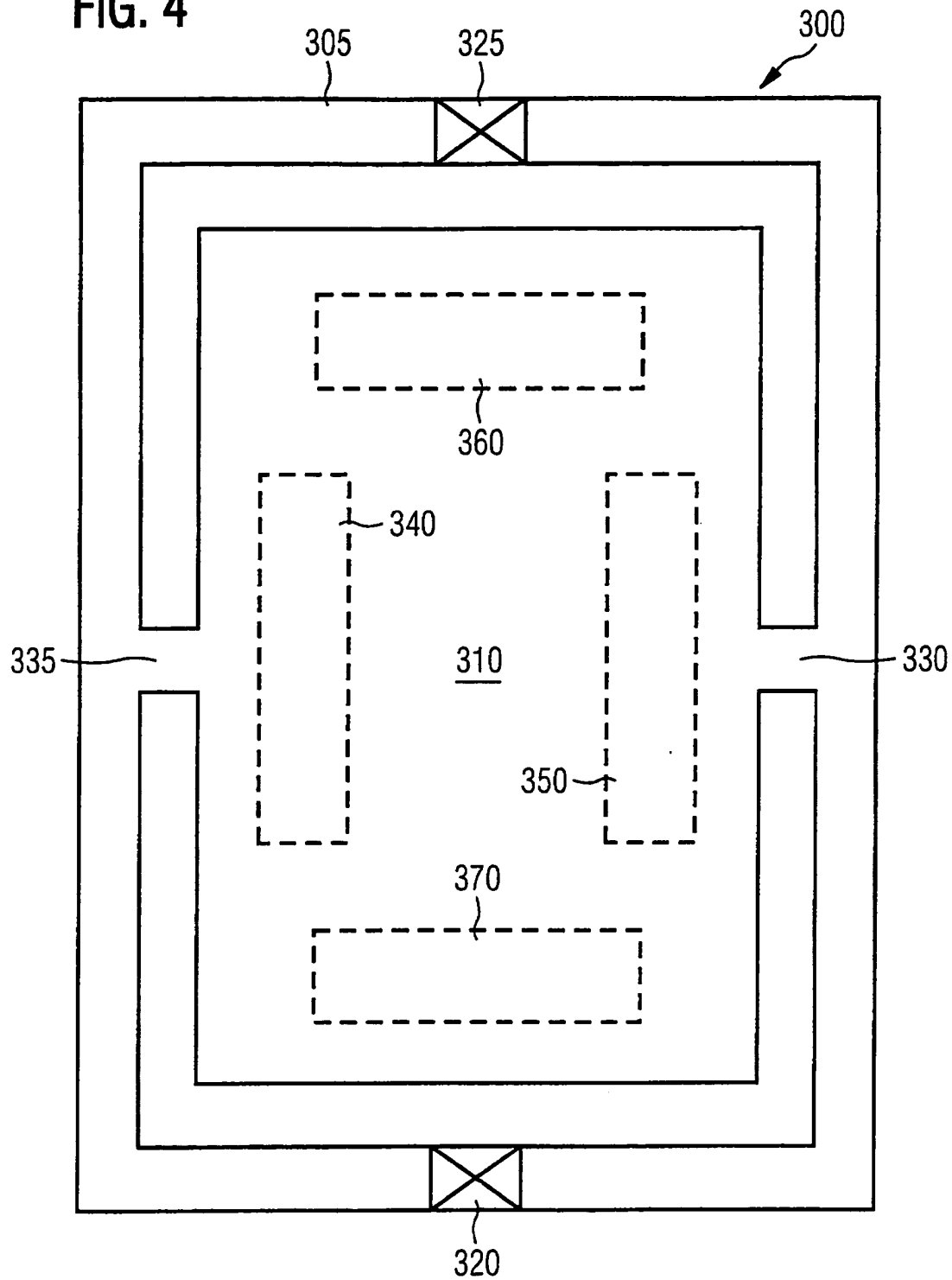


FIG. 5

